

某机载惯导设备原位测试仪设计

蒋国峰¹, 周一刚², 宋一³

(1. 西北工业大学 电子信息学院, 西安 710072; 2. 95965 部队, 河北 故城 253800;

3. 中国航空工业集团公司洛阳广电设备研究所, 河南 洛阳 471000)

摘要: 针对某机载惯导设备在外场的测试需求, 设计了以 PC-104 为显示、控制和数据处理核心, 并扩展程控数字表、多通道矩阵板, 构建了原位测试仪的硬件电路; 根据系统的功能要求和硬件电路特性, 利用 LabWindows/CVI 虚拟仪器平台编制了人机接口界面和测试程序, 控制硬件电路对某惯导设备的静态电阻和在线电压进行测试, 并接收、分析、处理惯导原位工作时输出的实时串行数据, 完成对惯导设备的静态测试和动态数据监测, 实现对某机载惯导设备原位测试过程的自动化和测试结果管理的智能化, 提高了测试效率和精度; 通过改变或控制测试仪器的类别, 可实现对多路信号多种性能指标的测试; 应用结果表明, 该测试仪具有性能稳定、操作简便、应用领域广、通用性强等特点。

关键词: 静态测试; 动态监测; 原位测试; 虚拟仪器

Design of In-situ ATE Used to Test Some Airborne INS

Jiang Guofeng¹, Zhou Gang², Song Yi³

(1. School of Electronics and Information, Northwestern Polytechnical University; Xi'an 710072; 2. 95965 PLA troops, Gucheng 253800, China; 3. Luoyang Institute of Electro-optical Devices of AVIC, Luoyang 471000, China)

Abstract: The hardware of the in-situ testing system is designed based on PC-104 according to the external field test requirement for some airborne INS. The PC-104 is the core of the display and control and data processor of the in-situ testing system, and the program control digital-meter and multi-channel matrix circuit board are the other constituent part. The Lab Windows/CVI is used for UI and test program based on the requirement of function and the quality of hardware. The static resistance and in-situ voltage can be tested for static testing, and the serial output data of the INS can be received and analyzed and processed to be used for dynamic monitoring. The automation of testing procedure and management of the testing result are achieved. Efficiency and precision are improved greatly. More kinds of capabilities of multi-channel signal can be tested through changing or controlling the type of the test instrument. The testing system has been proved to have the characteristic of stabilization and conveniences and expansibility and universal property.

Keywords: static testing; dynamic monitoring; in-situ testing system; VI

0 引言

惯导设备是飞机上重要的机载导航设备, 为保证其工作性能, 当更换设备后或进行换季检查时, 需要检测其测试接口的某些管脚在离线状态下的 23 路静态电阻, 在线检测其测试接口输出的典型电压信号, 在线状态下实时监测测试接口输出的串行数据, 实现对惯导设备的静态测试和动态监测, 完成对惯性导航设备的静态和动态性能测试^[1]。目前, 测试人员对静态电阻的测试需要两人配合逐对找准测试接口电缆插座的 46 个管脚, 利用万用表进行手动检测并手动记录测试结果, 工作效率非常低下。因而, 根据某惯导设备测试接口测试需求和管脚信号定义, 以 PC-104 为核心, 通过扩展程控数字表、多通道矩阵开关、数字 IO 模块, 设计一种能够对 23 路静态电阻和 6 路在线电压进行自动测试并能实时监测惯导输出串行数据的设备, 可大大降低对操作人员技能要求, 减轻人员工作负担, 使维护保障效率和保障能力得以大幅度提高。

收稿日期: 2015-09-07; 修回日期: 2015-10-10。

作者简介: 蒋国峰(1975-), 男, 河南睢县人, 在读博士, 副教授, 主要从事航空电子装备的教学和检测设备的研发工作。

1 硬件设计

1.1 硬件组成框图及原理

根据系统的功能性能需求, 并考虑到设备在外场使用要求的便携性、低功耗等特点, 选用 PC-104 为系统的显示和控制核心, 人机接口控制信号输入采用触摸屏和实体开关相结合的方式^[2-3]。根据某设备接口需要测试的电阻值包括 2~5 Ω、12~25 Ω、144~200 Ω、600~200 000 Ω 及动态电压的测试需求, 测试仪器部分选用带有程控接口的数字表, 多通道切换采用矩阵板进行实现, PC-104 通过扩展数字 IO 接口实现对矩阵板多路信号通道的切换控制。其硬件组成原理如图 1 所示。

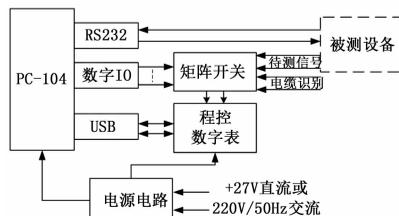


图 1 电路硬件组成框图

待测信号和电缆识别信号输入矩阵开关, PC-104 根据人

机接口输入的控制信号, 通过 USB 接口选择待测信号输入到程控数字表进行测试, 并读取测试结果。电缆识别信号用于测试电缆连接的正确性和测试系统的自检, 其原理就是将电缆的某两个管脚接入固定阻值的电阻, 通过测试该两个管脚的电阻值进行判断电缆连接的正确性和系统的初步自检情况。PC-104 通过 RS-232 接口和被测设备进行通信, 接收被测设备输出的串行数据进行分析、处理、解读后向操作者输出相应的数据信息。电源电路主要用于将 27V 直流或者 220V 交流转换成系统工作所需的电压, 并完成电能的存储, 以保证系统在没有外接电源时 3 小时的持续工作时间。

1.2 数字 IO

数字 IO 是 PC-104 控制矩阵开关的桥梁, 选用宏拓公司研制的采用光电隔离技术的 32 路开关量输出板 HT-7507, 它符合 PC-104 总线标准, 适合于全系列工控机及兼容机或品牌机, 它可以提供电平输出, 也可以提供功率输出, 其每一路输出最大功率 24 V/200 mA (或 12 V/200 mA), 即可直接驱动继电器、电磁阀。各路输出信号均具有锁存功能, CPU 通过 OUT 指令即可将数据转换成电信号输出, 非常便于对由继电器组成的多路矩阵板的控制。

1.3 矩阵开关

矩阵开关采用 32 个双刀双掷继电器组成的 2×32 路矩阵, 由于 HT-7507 数字 IO 能直接驱动继电器, 因而矩阵开关电路只需将 32 个继电器的公共触点接在一起, 即可实现在计算机的控制下对 32 对待测输入信号的路由功能, 将继电器的公共触点端接入程控数字表, 完成对 32 对信号的分时接入测试功能。

1.4 程控数字表

程控数字表是测试仪的关键, 它的测试速度和精度直接决定了测试过程和测试结果。根据某惯导设备测试电阻要求精度高、测试量程范围宽的特点, 程控数字表选用安捷伦公司生产的 U1272A 工业化手持式数字表, 可通过 USB 程控接口与电脑相连, 电阻测试具有 $30 \sim 300 \text{ M}\Omega$ 的量程, 测试精度可达到测试读数的 0.2%, 测试速率较快, 较好的满足了高效、高精度且可以程控的测试需求。实际使用时, 将该数字表嵌入测试仪面板, 计算机既可以程控读取测试数据, 以便于保存和处理, 又便于人工监视测试过程, 确保测试过程和测试结果的准确性。

1.5 电磁兼容性设计

由于要对惯导设备进行原位测试, 因而, 首先必须保证测试仪不能影响机上设备的工作特性和电磁兼容性, 因而测试仪机箱采用标准的满足外场电磁兼容特性的专用机箱, 机箱外部的接插件均采用带有滤波器的电缆连接件。用于在线测试惯导动态性能参数的导线均采用屏蔽线; 另外, 在对矩阵开关分配测试通道时, 根据被测信号的特性, 将相互易产生干扰的信号分配给间隔较远的通道, 以减少相互之间的干扰。电源电路采用专用的屏蔽盒与系统进行隔离, 电源地、模拟地和数字地各自连接, 最后进行汇总, 以减弱或避免通过地线进行相互干扰的可能性。通过上述措施, 较好的实现了测试仪与机上惯导之间的电磁兼容性设计, 为系统功能的实现和性能的稳定奠定了

基础。

2 软件设计

2.1 人机接口设计

软件系统利用 LabWindows/CVI 作为测试程序的开发平台, 它提供了各种常用的虚拟仪器面板和类似于 C 语言的编程环境, 具有较好的人机交互能力和较强的数据处理能力。利用该平台设计的某机载惯导设备原位测试仪人机界面如图 2 所示^[4-5]。



图 2 人机界面图

人机界面采用菜单式结构, 主要供操作者进行选择相应的模式和状态, 包括测试设置、测试项目、数据管理和帮助等; 其中测试设置包括测试人、测试机件号、退出等项; 测试项目包括静态电阻、在线电压和动态监测等, 选择不同的测试项目时, 系统会提示相关注意事项, 如图 2 中, 选择测试静态电阻, 此时会弹出相应的注意事项, 确认后方可进行下一步的操作; 数据管理包括打开、保存、测试报告生成等项, 主要用于打开以往的测试数据、保存测试数据和按照格式生成相应的测试报告等项; 主界面由测试项目表、测试仪器状态、测试选择等部分组成, 测试项目表根据测试项目菜单的选择显示相应的内容, 如图中显示的是选择静态电阻测试时所显示的项目表, 同样, 当选择在线电压或动态数据时, 测试项目表会显示相对应的内容。在静态电阻测试项目表中, 包括 23 路通道的测试值、参考值和测试结果选项, 其中测试结果将自动比较测试值与参考值之间的关系, 若在参考范围之内, 则显示合格, 否则用红色字体突出显示不合格, 并给出故障原因及相应的维护提示。测试仪器状态指示包括测试仪器的电压、电源、自检结果和工作状态, 测试仪器状态正常是保证测试结果准确的基础, 其中自检指示灯用于指示程控数字表的自检状态和测试电缆的识别状态, 若两者均通过自检, 则显示绿色, 说明可以进行下一步测试; 测试指示灯表示测试仪器是否处于测试状态。测试选择主要用于选择手动或自动测试方式, 若为手动测试, 则还需进一步选择测试通道, 可以选择 1~23 路中的某一路或者测试结果不合格的多路进行测试, 若选择自动测试, 则将 1~23 路信号逐一进行测试, 并将测试结果显示在测试项目表中。

2.2 软件流程设计

为保证程序的可移植性和可维护性, 软件程序采用了子程序嵌套的系统结构, 包括测试子程序和动态监测子程序。

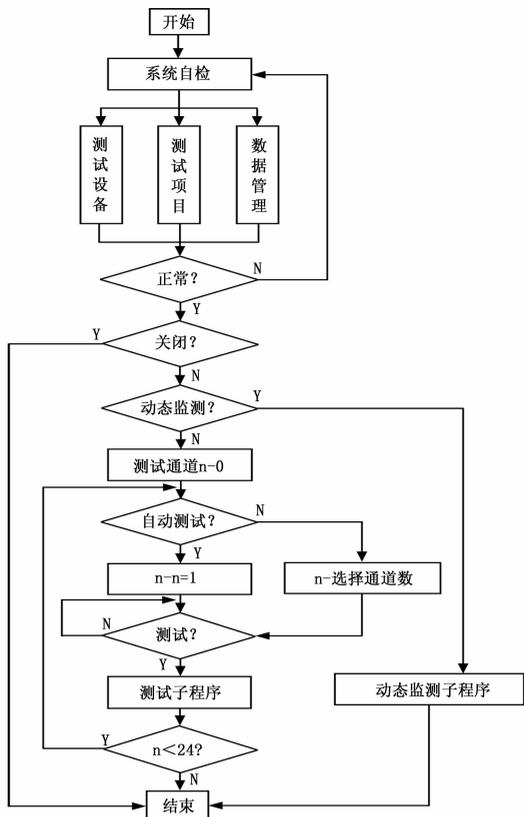


图 3 测试主程序流程图

测试主程序流程如图 3 所示。首先进行系统自检，包括 PC-104 自检、程控数字表自检和测试连接自检；若自检全部通过，然后进行测试设置、测试项目和数据管理的选择，若选择电阻或电压测试，则开始进行测试通道初始化，将测试通道计数器赋初始值 0，接着判断测试方式，若为自动测试，则循环调用测试子程序将各路待测试通道逐一进行测试；若为手动测试，则将选择的测试通道数值给 n 赋值，并将 n 数值传递给测试子程序完成选择通道的测试。若选择动态数据监测，则调用动态监测数据子程序，用于控制计算机串行接口接收、处理惯导输出的串行数据。

测试子程序流程如图 4 所示，主要根据测试通道数值 n 进行测试通道的切换，控制数字表的工作状态使其处于电阻测试模式，根据选择的测试通道的参考值选择测试量程，并根据线路校准数据对测试结果进行数据补偿，最后将补偿后的测试结果输出到测试项目中。

动态监测子程序如图 5 所示，首先打开串口，按照被测件串口通信协议要求设置串口的通信速率、校验方式、校验位数等参数，然后读入被测件输入的串口数据，按照相应的编码格式和通信协议解读串口数据，并将需显示的数据输出到屏幕上进行显示。

3 试验结果与分析

利用该设备对某惯导设备在机上进行了静态电阻测试和动态数据监测，对 23 路静态电阻测试用时需 1 人耗时约 5 分钟，部分测试结果如表 1 所示，与以往手动测试时需两人配合且耗



图 4 测试子程序流程图

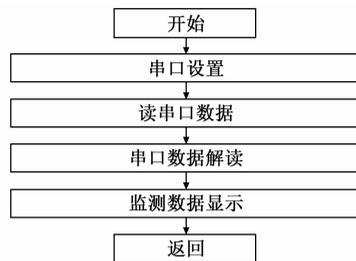


图 5 动态监测子程序流程图

时 20 分钟相比，测试效率提高了 8 倍（按人均耗时计算）。另外，还比较了惯导动态数据监测结果与机上显示控制系统显示的惯导数据，数据结果均相同，验证了该测试仪监测动态数据结果的正确性。

表 1 某惯导设备静态电阻测试结果表

静态电阻测试项目表			
	测试值/ Ω	参考值/ Ω	测试结果
1 通道	3.186	2~5	合格
11 通道	61.037 k	60~65 k	合格
17 通道	1.082 M	1~1.1 M	合格
22 通道	10.325 M	10~10.5 M	合格

利用 PC-104 为硬件电路核心和基于 LabWindows/CVI 虚拟仪器平台开发的某惯导设备原位检测仪，硬件通用性强，扩展方便，人机界面友好，适应性强，性能稳定可靠，测试结果准确可信，目前，该测试仪已推广应用到航空兵部队外场、航修厂和大修厂等单位，取得了良好的军事经济效益。

参考文献：

- [1] 陈德煌. 某型飞机航空电子设备维护 [M]. 信阳: 空军第一航空学院, 2011.
- [2] 蒋国峰. 某航空电台外场检测仪的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2009, 17 (3): 615-616.
- [3] 王 涛. 基于虚拟仪器的某型飞机惯导自动测试设备研究 [J]. 弹箭与制导学报, 2003, 23 (4): 49-51.
- [4] 齐广峰. 激光捷联惯导便携式测试设备设计及实现 [J]. 仪表技术, 2014 (10): 40-42.
- [5] 陈 勇. 惯导自动测试系统的设计 [J]. 仪表技术, 2013 (5): 39-41.